

Previsão e Distribuição das Populações nos Centros Urbanos

Eng.º NELSON GANDUR DACACH,
Prof. Catedrático da Escola Politécnica da
Universidade Federal da Bahia.

1 — Objetivo da previsão

Uma das condições de um sistema de abastecimento eficiente é que a água distribuída seja capaz de atender à demanda.

Sem dúvida alguma a demanda de água cresce com a população.

Um sistema de abastecimento quando instalado tem condições de fornecer água em quantidade superior ao consumo. Todavia, depois de certo número de anos a demanda passa a corresponder à capacidade máxima de adução, e então diz-se que o sistema atingiu o seu limite de eficiência.

O comum é planejar-se um sistema para funcionar durante certo número n de anos. Isto impõe o conhecimento da população total que deverá ser beneficiada n anos depois de inaugurado o serviço de água, ou concluído o respectivo projeto.

A população futura tem que ser definida por previsão. Como esta é sujeita a falhas, encontram-se sistemas atingindo o seu limite de eficiência antes ou depois de decorridos os n anos.

O importante é que a previsão seja feita de modo criterioso com base no desenvolvimento demográfico do passado próximo, a fim de que a margem de erro seja pequena.

Por outro lado, a previsão deve efetivar-se através de uma lei de crescimento que forneça o número de habitantes em qualquer época dentro do período de n anos.

Geralmente n varia de 20 a 30 anos, prazo geralmente necessário à amortização integral do capital investido nas obras.

2 — Métodos de previsão

Os métodos de previsão são concordes com o fato de que a população P é função da população inicial P_0 , acrescida do número de nascimentos e de imigrantes e diminuída do número de mortos e de

emigrantes, registrados durante o período de tempo T em que a população passou de P_0 a P .

Em algumas cidades a população flutuante é tão expressiva que tem de ser computada no cálculo de P .

Vários são os métodos de cálculo da população P , destacando-se:

Processo do prolongamento da curva de crescimento.

Processo das curvas de crescimento de outras cidades.

Processo do crescimento geométrico.

Processo do crescimento aritmético

Processo da curva logística.

Os dois primeiros são empíricos e também denominam-se processos gráficos. Os demais são analíticos desde que a população é calculada mediante uma equação matemática.

Enquanto as equações dos processos geométrico e aritmético podem ser definidas com apenas dois dados populacionais e conduzem a um crescimento ilimitado, a logística requer três e estabelece uma população limite (de saturação).

No Brasil, os recenseamentos gerais levados a efeito em 1872, 1890 e 1900 não divulgaram a população das vilas, cidades e distritos do País. Com o censo de 1920 registrou-se um certo progresso, pois através d'êles ficaram sendo conhecidas as populações distritais.

Quanto às populações das cidades e vilas só foram fornecidas a partir do censo geral de 1940, seguido pelos de 1950 e 1960.

Diante do exposto, podemos dizer que entre nós os processos gráficos têm pouca chance de aplicação com sucesso, face à pobreza de dados demográficos.

Para as comunidades brasileiras até 20.000 habitantes, e que representam mais de 90% do total,

o seu crescimento geralmente se processa dentro do ritmo geométrico.

Quanto à logística, a sua aplicação está mais ligada aos grandes centros urbanos como algumas de nossas capitais, cujas populações se encontram mais próximas do limite de saturação.

3 — Processo do prolongamento da curva de crescimento

Num sistema de coordenadas leva-se ao eixo das abscissas os diversos anos para os quais se dispõe dos valores populacionais e estes no eixo das ordenadas, para tanto utilizando-se escalas convenientes (fig. 1).

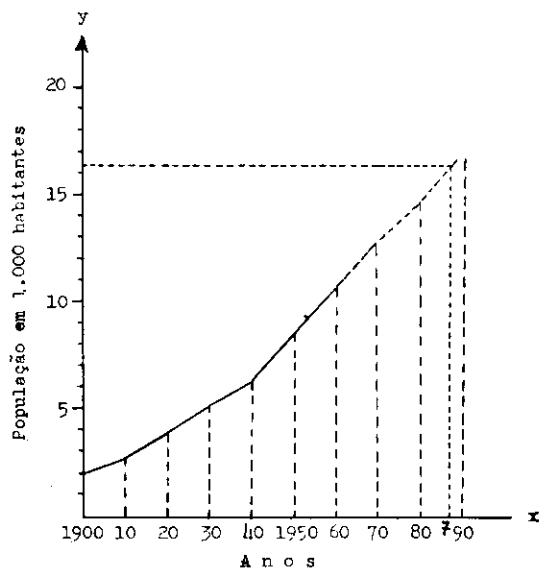


Fig. 1

Em seguida marcam-se os diversos pontos correspondentes aos pares de valores ano-população, pelos quais faz-se passar uma curva.

A curva traçada caracteriza o desenvolvimento populacional da cidade no período considerado (1900 a 1960).

Prolonga-se a curva em observância à sua tendência natural de crescimento de modo que o novo trecho forme com o primeiro um conjunto harmônico.

Então, desejando-se definir a população em um determinado ano (1987), é só tirar dele no eixo das abscissas uma normal até encontrar o prolongamento da curva. A ordenada do ponto de interseção fornecerá o valor desejado (16.300 hab.).

Como o prolongamento da curva é feito a sentimento, pode variar de pessoa para pessoa.

4 — Processo das curvas de crescimento de outras cidades

Este processo procura ditar o crescimento de uma cidade em função do desenvolvimento de ou-

tras, razão pela qual é também conhecido por **processo comparativo**.

As cidades eleitas além de possuírem características análogas devem ter população superior à da cidade em estudo, na pressuposição de que esta venha a ter um desenvolvimento semelhante ao que aquelas tiveram quando possuíam população de mesma grandeza que a sua atual. A partir desta premissa, traçam-se num sistema de coordenadas as curvas de crescimento demográfico das cidades, depois de marcados os anos no eixo das abscissas e as populações no eixo das ordenadas (fig. 2).

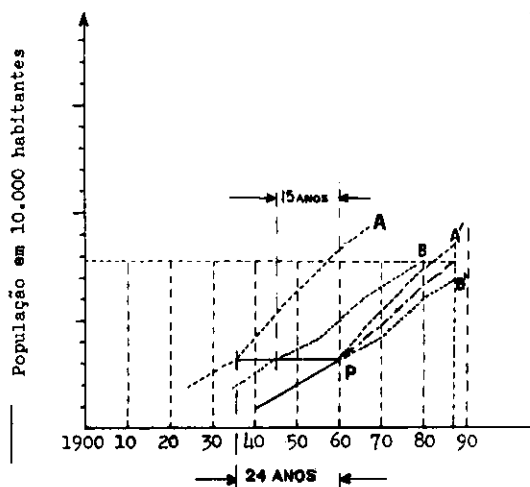


Fig. 2

Feito isto, trasladam-se tôdas as curvas para a direita de modo a ficarem com um ponto comum em P que representa o último dado populacional da cidade em estudo (1960).

A curva de crescimento desejada a partir do ponto P é o lugar geométrico dos pontos representativos da média das ordenadas das curvas trasladadas, exclusive as que eventualmente se discrepam das demais.

A média poderá ser aritmética ou ponderada. Neste caso os pesos dependem principalmente da analogia de crescimento, na fase anterior a P, entre a cidade em estudo e as demais.

Para o sucesso do método as cidades eleitas devem ser da mesma região geo-econômica, não proporcionando a sua curva de crescimento translação superior a 30 anos para que atinja o ponto P. No gráfico as translações são de 15 e 24 anos.

A razão de limitar-se em 30 anos a translação horizontal das curvas é diminuir a margem de erro da previsão, já que a precisão desta é tanto maior quanto menor fôr o seu alcance. Mesmo assim, o processo é falho pois sabe-se que as condições de crescimento das cidades a trinta anos atrás diferem das que presentemente afetam o desenvolvimento da cidade em estudo.

5 — Processo do crescimento geométrico

Neste processo admite-se que o crescimento da cidade nos últimos anos se processou conforme uma progressão geométrica e que haverá de processar-se nos próximos anos segundo a mesma progressão.

Desde que se conheçam dois dados de população P_1 e P_2 , correspondentes respectivamente aos anos T_1 e T_2 , pode-se definir a razão r da progressão geométrica pela fórmula:

$$r = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{T_2 - T_1}} - 1$$

Se chamarmos de p_0 a população inicial, depois de 1 ano será:

$$p_1 = p_0 + r p_0 = p_0 (1 + r)$$

Depois de 2 anos:

$$p_2 = p_1 + r p_1 = p_0 (1 + r) + r p_0 (1 + r)$$

$$p_2 = p_0 + 2 r p_0 + r^2 p_0 = p_0 (1 + r)^2$$

Depois de n anos:

$$p_n = p_0 (1 + r)^n = p_0 (1 + r)^{n - t_0} \quad (2)$$

Da equação 2 se tirarmos o valor de r encontraremos a equação genérica da razão de crescimento:

$$r = \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{t_n - t_0}} - 1$$

Para as nossas pequenas comunidades êste processo tem maiores probabilidades de sucesso.

Como dispomos dos dados censitários de 1940, 1950 e 1960, temos três alternativas na escolha de dois dados para o cálculo da razão r :

- populações de 1940 e 1950
- populações de 1940 e 1960
- populações de 1950 e 1960

Uma quarta alternativa seria o emprêgo da média dos três valores de r .

Na escolha de uma das alternativas influi a acuidade pessoal do pesquisador. Todavia, se a população vem sempre crescendo ou decrescendo a partir de 1940, recomenda-se o uso da razão de crescimento de 1950 a 1960.

Em qualquer hipótese deve-se calcular a população de 1960 com base na taxa de crescimento de 1940 a 1950, a fim de que, comparado o resultado com a população de fato de 1960, se possa melhor julgar sôbre o acêrto da escolha do processo.

6 — Processo do crescimento aritmético

Êste processo funciona na pressuposição de que a cidade está se desenvolvendo segundo uma progressão aritmética.

Conhecendo-se os dados de população P_1 e P_2 , que correspondem aos anos T_1 e T_2 , calcula-se a razão r de crescimento pela expressão:

$$r = \frac{P_2 - P_1}{P_1 (T_2 - T_1)} \quad (1)$$

Chamando-se de p_0 a população inicial, depois de 1 ano tornar-se-á:

$$p_1 = p_0 + r p_0$$

Depois de 2 anos:

$$p_2 = p_1 + r p_0 = p_0 + r p_0 + r p_0 = p_0 + 2 r p_0$$

Depois de n anos:

$$p_n = p_0 + n r p_0 = p_0 + (t_n - t_0) r p_0 \quad (2)$$

Da expressão 2 se tirarmos o valor de r encontraremos a sua fórmula genérica:

$$r = \frac{p_n - p_0}{p_0 (t_n - t_0)} \quad (3)$$

Como se sabe, a progressão aritmética corresponde a uma linha reta.

Do mesmo modo que para o processo geométrico, temos no Brasil quatro alternativas para a escolha da razão de crescimento r e a recomendação no sentido de serem comparadas a população de fato de 1960 e a calculada com base na razão aritmética registrada de 1940 a 1950, visando um melhor julgamento sôbre o acêrto na escolha do método.

7 — Processo da curva logística

A curva logística de Verhulst possui três trechos distintos, o primeiro correspondente a um crescimento acelerado, o segundo a um crescimento retardado e o último a um crescimento tendente à estabilização (fig. 3). Entre os dois primeiros trechos fica um ponto de inflexão.

A equação da logística é:

$$P = \frac{P_s}{1 + e^{a - b \cdot T}} \quad (1)$$

Em que:

P = população num determinado ano

P_s = população de saturação

e = base dos logaritmos neperianos = 2,7182845

a e b = parâmetros da curva

T = intervalo de tempo entre o ano determinado e T_0

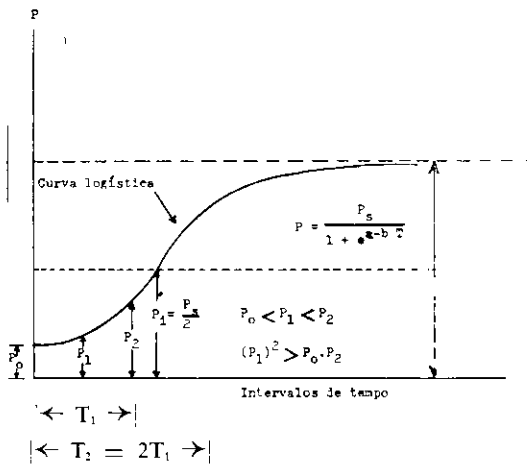


Fig. 3

Desde que o ponto (P_0, T_0) da curva esteja no eixo das ordenadas e dela também façam parte dois outros pontos (P_1, T_1) e (P_2, T_2) de modo que $T_2 = 2 T_1$, $P_0 < P_1 < P_2$ e $(P_1)^2 > P_0 \cdot P_2$,

os valores de P_s , a e b , podem ser calculados pelas expressões:

$$P_s = \frac{2 P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - (P_1)^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \cdot \log \frac{P_s - P_0}{P_0} \quad (3)$$

$$b = - \frac{1}{0,4343 T_1} \cdot \log \frac{P_0 (P_s - P_1)}{P_1 (P_s - P_0)} \quad (4)$$

Os valores das expressões 2, 3 e 4 são levados à equação 1, de modo que a população P fica a depender exclusivamente do valor atribuído a T .

Para $t = \frac{a}{b}$, tem-se o ponto de inflexão e

nêle a população equivale à metade do valor de saturação:

$$P_1 = \frac{P_s}{1 + e^{-a}} = \frac{P_s}{2}$$

Para o cálculo dos valores de P pode-se usar uma planilha de cálculo com o seguinte feitiço:

Anos	Intervalos de tempos t	$a - bt$	$e^{a - bt}$	$1 + e^{a - bt}$	Populações P
------	--------------------------	----------	--------------	------------------	----------------

8 — Distribuição da população

Em complemento à estimativa de população faz-se necessário a previsão de como essa população ficará distribuída na cidade, o que será de maior importância sobretudo para o dimensionamento da rede de distribuição.

Costuma-se definir o número de habitantes por hectare ou o número de habitantes por metro de canalização. No primeiro caso temos a densidade demográfica, geralmente usada no dimensionamento das redes pelo método de Hardy Cross. O número de habitantes por metro de canalização é útil no cálculo das redes ramificadas ou nas redes malhas dimensionadas pelo processo de seccionamento fictício.

A distribuição dos habitantes por unidade de área ou de comprimento de tubulação varia de cidade para cidade.

Quando o núcleo populacional tende a desenvolver-se pelo processo natural, alheio a um plano racional de crescimento, representado pelo plano de urbanização, a distribuição de população de projeto poderá ser definida em função da população atual relacionada à área em que se distribui ou à extensão total das artérias habitadas, conforme o caso.

A área habitada, delimitada pelo perímetro de aglomeração, é facilmente calculada através de um planímetro ou de figuras geométricas regulares em que a mesma área é decomposta (retângulos, triângulos, trapézios, etc).

A extensão total das artérias a que nos referimos é tomada na prática como sendo a extensão total, por sinal maior, das tubulações que vão servir a essas artérias. Maior, por incluir a largura das ruas. O seu valor em São Paulo, por exemplo, variava (1953) de 0,55 hab./m no Jardim América a 5,00 hab./m em Higienópolis (prédios de apartamentos).

É preciso esclarecer que existem duas modalidades de densidade demográfica: a bruta e a líquida.

A **densidade bruta** é a que resulta da simples divisão da população pela área correspondente, incluindo parques, jardins, praças e áreas vacantes.

A **densidade líquida** é a que se obtém dividindo a população pela área edificada correspondente, constituída pelos quarteirões (livres da largura das ruas).

Pelo exposto, conclui-se ser a densidade líquida expressa por um número maior que a densidade bruta. Na maioria dos casos é 1,5 a 2,5 vezes maior.

Para as pequenas cidades, geralmente tanto a distribuição por área como a linear podem ser consideradas uniformes. Em alguns casos, todavia, justifica-se o cálculo da distribuição populacional para cada zona ou bairro.

Na cidade de São Paulo a densidade demográfica bruta varia de 40 a 400 hab./Ha, conforme a zona, sendo elevada no centro e menor na periferia.

Por outro lado, quando a cidade cresce em obediência a um planejamento urbano, então é pos-

sível prefixar-se os índices demográficos de projeto com maior probabilidade de sucesso.

Segundo as **Normas Gerais de Construção e Urbanismo para Cidades do Interior da Bacia Paraná-Uruguai**, que afetam os Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás, podem-se fixar quatro zonas de densidade: central, junto ao centro, intermediária e exterior.

As densidades de população são as seguintes:

PESSOAS POR HECTARE				
Densidades	Centro	Junto ao Centro	Intermediário	Exterior
Líquida	250	180	125	75
Bruta	125	100	75	90
	(1)	(2)	(3)	(4)

Segundo as mesmas Normas, para uma Unidade de Vizinhança de 10.000 pessoas, as densidades

obedecerão ao quadro abaixo:

(1) ZONAS	(2) Dens. Líquida	(3) Terreno Resid. Hect.	(4) Espaços Abertos H.	(5) Outros fins	(6) Total H.	(7) Densid. Bruta
1	250	40	20	20	80	125
2	180	55	25	20	100	100
3	125	80	28	25	133	75
4	75	133	40	27	200	50

A coluna "Outros fins" (5) inclui: área de terreno para escola, lojas, igrejas, centros de comu-

nidade, edifícios públicos, oficinas, ruas principais e estacionamento.